

# Pengaruh Metode Pembekuan Terhadap Karakteristik Irisan Buah Mangga Beku Selama Penyimpanan (Effect of Freezing Method On Characteristic of Fruit Slice of Mango During Storage)

Amiarsi, D dan Mulyawanti, I

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

E-mail: amiarsidwi@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 20 Desember 2010 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 17 Juli 2013

**ABSTRAK.** Dalam upaya mengurangi terjadinya kehilangan hasil buah-buahan terutama selama periode penyimpanan, distribusi, dan pemasaran, perlu aplikasi perlakuan yang efektif. Salah satu cara yang sering dilakukan ialah melalui pembekuan. Penelitian dilaksanakan dari Bulan Juli 2007 hingga Februari 2008. Tujuan penelitian ialah mengevaluasi mutu irisan buah mangga beku selama penyimpanan. Buah mangga terlebih dahulu dicuci, kemudian dikupas, dan diiris menjadi bentuk kubus (2x2x2 cm) dengan berat 250 g untuk setiap unit percobaan. Sebelum perlakuan pembekuan, irisan buah mangga direndam dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  1.000 ppm selama 15 menit. Setelah itu irisan mangga segar dengan kematangan komersial (80–90%) dicelupkan ke dalam nitrogen cair selama 40 detik dan disimpan di dalam freezer, kemudian dikemas dalam plastik polietilen serta disimpan di dalam freezer pada suhu  $-30^\circ\text{C}$  selama 6 bulan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap pola faktorial dengan dua faktor, yaitu metode pembekuan (pembekuan cepat dan lambat) dan waktu penyimpanan (bulan ke-0, ke-3, dan ke-6) dengan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daging buah mangga yang dibekukan cepat dengan cara dicelupkan langsung ke dalam nitrogen cair selama 40 detik setelah disimpan 6 bulan masih dalam kondisi baik dengan kandungan padatan terlarut total 13,33°Brix, pH 4,23, vitamin C 37,67 mg/100 g, total asam 0,38, tingkat kecerahan 55,61, derajat Hue 92,65, serta masih diterima oleh panelis. Penerapan metode pembekuan ini menguntungkan pelaku usaha, karena waktu penyimpanan, distribusi, dan pemasaran produk dapat diperpanjang.

Katakunci: Mangga; Penyimpanan; Irisan beku; Ketahanan simpan; Mutu

**ABSTRACT.** In order to reduce fruit damage during storage, distribution, and marketing special treatment must be applied. The most promising one is freezing method. The experiment was conducted from July 2007 till February 2008 to evaluate chemical and physical characteristics of freezed mango slice during storage period. The mango fruits were washed, peeled, and sliced to be cube form (2x2x2 cm) and weighted up to 250 g for each experiment unit. Before quick freezed, mango fruit slice was soaked in  $\text{CaCl}_2$  solution 1,000 ppm for 15 minutes. Fresh mango slices with ripening (80–90%) were soaked for 40 second in N liquid and kept in freezer. Then the mango slices were packed in PE's plastic. Subsequently the mango slices were kept in freezer ( $-30^\circ\text{C}$ ) for 6 month. This experiment was arranged in completely randomized design with three replications. The treatments were freezing method (quick and slow freezing) and storage periods (0, 3, and 6 months storing). The results showed that chemical characteristic of mango fruit slice freezed in N liquid for 40 second were as fallow total soluble solid scale dissolved 13.33°Brix, pH 4.23, vitamin C 37.67 mg/100g, full scale acid 0.38. Mean while physical characteristic of those sliced fruits were brightness level 55.61 and Hue degree 92.65. The physical performance of the fruit slice was still accepted by panelists. The treated mangoes slice could be kept up to 6 months. Applying this freezing method will give financial profit to the user because time for storage, distribution, and marketing can be prolonged.

Keywords: Mango fruit; Storage; Freezing slice; Storage keeps; Quality

Mangga merupakan salah satu komoditas hortikultura yang cukup banyak dipasarkan dan dikonsumsi masyarakat luas di Indonesia. Data Badan Pusat Statistik (2011) menunjukkan bahwa produksi mangga nasional dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Pada tahun 2006, produksi mangga mencapai 1,62 juta t dan 2007 mencapai 1,82 juta t, kemudian tahun 2008 meningkat kembali menjadi 2,1 juta t. Pada tahun 2009 produksi mangga mencapai 2,3 juta t dan pada tahun 2011 mencapai sekitar 2,48 juta t.

Buah mangga mengandung berbagai vitamin dan mineral. Salah satu permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan mangga ialah sifat buahnya yang mudah rusak, sehingga umur simpannya relatif

pendek. Hal ini menyebabkan tingginya kehilangan hasil pascapanen pada saat panen raya dan merosotnya harga jual buah mangga. Di sisi lain, mangga yang merupakan buah musiman, sulit dijumpai pada waktu-waktu tertentu, sehingga ketersediaannya tidak mencukupi untuk bahan baku industri (seperti sirup, jeli, selai, dan sebagainya). Oleh karena itu buah mangga harus diawetkan untuk memperpanjang umur simpannya melalui penerapan metode preservasi, di antaranya menggunakan teknik pembekuan (Setyadjit *et al.* 2005).

Pembekuan merupakan salah satu metode untuk memperpanjang umur simpan. Teknologi ini cukup sederhana dan tidak menyita waktu, namun dapat

menghambat pertumbuhan bakteri, kapang, maupun kamir yang menyebabkan pembusukan pada produk pangan. Dibandingkan dengan metode pemanasan, metode pembekuan dapat dilaksanakan lebih cepat dan mampu mempertahankan kandungan nutrisi bahan pangan apabila dilakukan dengan benar. Ada dua metode pembekuan cepat, yaitu dengan nitrogen cair (kontak langsung dan kontak tidak langsung). Pembekuan dengan nitrogen cair melalui kontak langsung meliputi pencelupan dan penyemprotan. Pencelupan langsung suatu partikel bahan pangan ke dalam suatu zat pendingin cair lebih disukai karena dapat dilaksanakan dengan cepat (Desrosier 1988). Selama ini pembekuan dilakukan menggunakan *airblast freezing*, menyebabkan kehilangan berat hingga lebih dari 4%, tetapi dengan metode *cryogenic freezing* kehilangan berat dapat ditekan hingga kurang atau sama dengan 0,5% (Khadatkar *et al.* 2004). Dengan titik didihnya yang mencapai suhu  $-195,8^{\circ}\text{C}$ , nitrogen cair mempunyai kemampuan membekukan bahan organik relatif lebih efektif dibandingkan dengan pendingin berbahan amoniak maupun freon (Xu *et al.* 2001). Pembekuan dengan nitrogen cair pada beberapa tingkatan pernah dilakukan untuk jus ceri, jeruk, dan apricot. Perlakuan tersebut dapat mempertahankan sifat fisiko kimia bahan hingga 7 minggu dengan mutu masih optimal (Aider & Halleux 2008, Choi *et al.* 2002).

Penyimpanan produk beku merupakan salah satu faktor yang menentukan kualitas buah mangga beku. Di Eropa, penyimpanan produk beku pada suhu  $-20^{\circ}\text{F}$  ( $-29^{\circ}\text{C}$ ) dapat mempertahankan mutu produk beku selama penyimpanan. Namun, secara tradisional penyimpanan beku dilakukan pada suhu  $14^{\circ}\text{F}$  ( $-10^{\circ}\text{C}$ ) dan atau  $0^{\circ}\text{F}$  ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Penyimpanan beku pada suhu sekitar  $-18^{\circ}\text{C}$  dan di bawahnya dapat mencegah kerusakan mikrobiologi, dengan syarat tidak terjadi fluktuasi suhu yang terlalu besar.

Tujuan penelitian ialah mengetahui mutu fisik dan kimia irisan beku buah mangga Arumanis yang dibekukan selama periode penyimpanan 3 sampai dengan 6 bulan. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini ialah bahwa penggunaan metode pembekuan dan penyimpanan pada irisan buah mangga dapat mempertahankan mutu dan memperpanjang masa simpan, sehingga periode distribusi dan pemasaran produk pangan dapat diperpanjang.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen

Pertanian, Bogor pada Bulan Juli 2007 sampai dengan Februari 2008. Buah mangga cv. Arumanis, diperoleh dari petani Cirebon, dipanen pagi hari dengan tingkat kematangan 80–90% menurut kriteria komersial petani. Buah mangga hasil panen diseleksi dengan parameter kesegaran, kesehatan, dan kemulusan (tidak rusak mekanik atau fisik dan keseragaman ukuran).

Aplikasi perlakuan ialah buah mangga matang terlebih dahulu kemudian dilakukan pencucian, pengupasan (bagian kulit dipisahkan), dan kemudian dilakukan pemotongan bentuk kubus dengan ukuran  $2 \times 2 \times 2 \text{ cm}$  (Broto *et al.* 2002) pada bagian daging dan biji dipisahkan. Selanjutnya dilakukan perendaman dalam larutan  $\text{CaCl}_2$  1.000 ppm selama 15 menit, kemudian dilakukan penimbangan 250 g per sampel. Kemudian irisan mangga dibekukan secara cepat dengan pencelupan ke dalam nitrogen cair selama 40 detik dan secara lambat dengan menggunakan *freezer*, lalu dikemas dalam plastik polietilen (PE) dengan ketebalan 0,08 mm dan disimpan di dalam *freezer* pada suhu  $-30^{\circ}\text{C}$  selama 6 bulan. Kombinasi perlakuan sebagai berikut:

1. Pembekuan secara cepat dengan dicelupkan ke dalam nitrogen cair selama 40 detik, waktu penyimpanan 0 bulan,
2. Pembekuan secara cepat dengan dicelupkan ke dalam nitrogen cair selama 40 detik, waktu penyimpanan 3 bulan,
3. Pembekuan secara cepat dengan dicelupkan ke dalam nitrogen cair selama 40 detik, waktu penyimpanan 6 bulan,
4. Pembekuan secara lambat, waktu penyimpanan 0 bulan,
5. Pembekuan secara lambat, waktu penyimpanan 3 bulan,
6. Pembekuan secara lambat, waktu penyimpanan 6 bulan.

Pengamatan dilakukan terhadap karakteristik mutu kimia yang meliputi (1) pH, diukur dengan pH meter, (2) padatan terlarut total, pengukuran menggunakan alat *hand Refractometre*, (3) vitamin C, diukur dengan metode titrasi (AOAC 1992), dan (4) total asam, diukur dengan metode titrasi (AOAC 1992), serta karakteristik mutu fisik yang meliputi (a) warna, menggunakan alat *chromametre*, (b) kandungan mikroba kontaminan (*total plate count*) yang dilakukan pada akhir penyimpanan, dan uji organoleptik menggunakan teknik uji *hedonic* terhadap aroma, rasa, warna, dan penampilan keseluruhan dengan kriteria penilaian 1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak suka, 4 = suka, 5 = sangat suka. Pengamatan dilakukan dengan interval 0, 3, dan 6 bulan.

Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini ialah acak lengkap dengan dua faktor, yaitu metode pembekuan, terdiri atas dua taraf (pembekuan cepat dan lambat) dan waktu penyimpanan terdiri atas tiga taraf (bulan ke-0, bulan ke-3, dan bulan ke-6) yang dilakukan dengan tiga kali ulangan. Data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan metode SAS versi 9.13 dan perbedaan nilai tengah perlakuan dilakukan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Mutu Kimia

Kandungan kimiawi irisan buah mangga beku terdiri atas vitamin C, total asam, pH, dan padatan terlarut total disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antarfaktor perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap vitamin C, total asam, pH, dan padatan terlarut total irisan buah mangga beku selama penyimpanan. Data dalam Tabel 1 menunjukkan bahwa kisaran kandungan vitamin C selama penyimpanan ialah 33,63–58,59 mg/100 g. Kandungan vitamin C tertinggi ditemukan pada perlakuan pembekuan lambat tetapi tidak berbeda nyata dengan pengaruh perlakuan cepat.

Vitamin C merupakan salah satu indikator kualitas terpenting, karena sifatnya yang sangat sensitif terhadap proses pengolahan (Tosun *et al.* 2007). Selama penyimpanan dalam keadaan beku, kandungan vitamin C terus mengalami penurunan. Menurut Lee *et al.* (2000), vitamin C dalam bentuk asam askorbat maupun asam dehidroaskorbat merupakan salah satu faktor ukuran mutu bagi berbagai produk hortikultura dan memengaruhi berbagai aktivitas biologi pada tubuh manusia. Metode pembekuan memengaruhi perubahan kandungan vitamin C pada irisan buah mangga beku selama penyimpanan.

Irisan buah mangga yang dibekukan secara lambat mengalami penurunan kandungan vitamin C lebih tinggi dibandingkan dengan irisan buah mangga yang dibekukan secara cepat setelah disimpan selama 6 bulan, tetapi secara statistik tidak berbeda nyata. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sahari *et al.* (2003) bahwa penyimpanan buah stroberi beku selama 3 bulan menurunkan kandungan vitamin C. Ziena (2000) juga mengemukakan hal yang sama pada penyimpanan beku jus jeruk selama 1 bulan. Menurut Sahari *et al.* (2003) dan Mulyawanti *et al.* (2008), vitamin C pada komoditas hortikultura sangat sensitif selama penanganan dan penyimpanan, termasuk akibat

*chilling injury* yang menginduksi reaksi oksidasi. Selain itu, pada pembekuan lambat laju penguapan panas berjalan lambat, sehingga kristal es yang terbentuk berukuran besar, sedangkan pada pembekuan cepat laju penguapan panas berjalan cepat dan suhu *supercooling* relatif rendah, sehingga kristal es yang terbentuk menjadi kecil-kecil (Khadatkar 2004). Perubahan fase air dari padat menjadi cair pada saat *thawing* juga menyebabkan vitamin C mudah hilang.

Vitamin C merupakan salah satu asam organik yang terkandung dalam buah mangga, di samping asam-asam organik lainnya, seperti malat dan sitrat. Keberadaan asam-asam organik pada buah mangga Arumanis dapat diidentifikasi dengan memperhatikan total asam dari buah tersebut. Tabel 1 menunjukkan bahwa kisaran kandungan total asam selama penyimpanan ialah 0,24–0,57%. Kandungan total asam terendah dan tertinggi dihasilkan dari perlakuan pembekuan lambat, yaitu 0,24 dan 0,57%. Pembekuan irisan buah mangga secara lambat menyebabkan kehilangan asam-asam organik yang lebih tinggi dibandingkan dengan pembekuan secara cepat. Hasil percobaan menunjukkan bahwa total asam pada irisan buah mangga beku menurun selama penyimpanan. Hal ini kemungkinan disebabkan menurunnya kandungan vitamin C serta asam-asam organik lainnya pada buah.

Perubahan vitamin C dan total asam irisan buah mangga beku menyebabkan terjadinya perubahan pH. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada lama penyimpanan 0 dan 6 bulan, pH pembekuan cepat berbeda nyata dengan pembekuan lambat. Nilai pH irisan buah mangga pada pembekuan lambat meningkat selama penyimpanan, sedangkan pada pembekuan cepat nilai pH lebih stabil. Kisaran pH selama penyimpanan ialah 4,23–5,33. pH tertinggi dihasilkan dari perlakuan pembekuan lambat, yaitu 5,33 dan terendah dihasilkan dari perlakuan pembekuan cepat, yaitu 4,23. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Urbany & Horti (1992) bahwa metode pembekuan dapat memengaruhi nilai pH.

Menurut Chiralt *et al.* (2001) selama proses pembekuan buah terjadi kehilangan air dan komponen-komponen yang terlarut di dalam jaringan dan organ, sehingga memengaruhi berbagai reaksi kimia dan biokimia di dalam sel. Padatan terlarut total pada irisan buah mangga yang dibekukan secara lambat lebih tinggi (16,20°brix) dibandingkan dengan pembekuan secara cepat (13,33°brix). Hal ini disebabkan karena proses perubahan fisiologi irisan buah mangga yang dibekukan secara lambat lebih panjang dibandingkan dengan pembekuan cepat, sehingga kemungkinan terjadi perombakan komponen organik pada buah menjadi gula. Selain itu, proses dehidrasi yang lebih

**Tabel 1. Interaksi jenis pembekuan dan waktu penyimpanan terhadap kandungan kimiawi irisan buah mangga selama penyimpanan (*Interaction between freezing kinds and storage time of chemical content of frozen mango sliced during storage*)**

Jenis pembekuan ( <i>Freezing kinds</i> )	Waktu penyimpanan ( <i>Storage time</i> )											
	Vitamin C ( <i>Ascorbic acid</i> ) mg/100 g			pH ( <i>pH</i> )			Total asam ( <i>Acid total</i> ) %			Padatan terlarut total ( <i>Total soluble solid</i> ), °Brix		
	Bulan ke - ( <i>Month</i> )			Bulan ke - ( <i>Month</i> )			Bulan ke - ( <i>Month</i> )			Bulan ke - ( <i>Month</i> )		
	0	3	6	0	3	6	0	3	6	0	3	6
Pembekuan cepat ( <i>Quick freezing</i> )	57,27 a B	34,04 c A	37,67 b A	4,30 a A	4,90 a A	4,23 a A	0,57 a A	0,46 b A	0,38 c A	16,00 a A	14,07 b B	13,33 b A
Pembekuan lambat ( <i>Slow freezing</i> )	58,59 a A	33,63 c A	36,03 b B	4,27 b A	5,33 a A	4,47 b A	0,57 a A	0,34 b B	0,24 c B	16,20 a A	14,80 b A	14,00 b A
KK ( <i>CV</i> ), %	11,89	15,09	13,43	12,34	12,67	12,89	14,78	16,23	15,65	12,65	13,04	15,32

Angka rerata perlakuan yang diikuti oleh huruf kapital pada kolom yang sama dan huruf kecil dalam baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% Duncan multiple range test (*Average value followed by the capital letter in the same columns and the small letter in the row are not significant different at 5% Duncan multiple range test*)

tinggi pada irisan buah yang dibekukan secara lambat menyebabkan tingginya konsentrasi padatan terlarut total, dibandingkan dengan pembekuan cepat. Menurut Torreggiani (1995) dan Will *et al.* (2008) hal ini juga dapat menyebabkan kerusakan tekstur pada buah, karena kandungan pektin yang mendukung jaringan tekstur pada buah mengalami perombakan menjadi gula.

### Mutu Fisik

Hasil pengukuran dengan *chromametre* menunjukkan bahwa nilai kecerahan irisan buah mangga beku cenderung menurun selama penyimpanan. Kecerahan irisan buah mangga beku berkisar antara 54,06–66,78. Kecerahan terendah pada perlakuan pembekuan lambat menggunakan *freezer* (54,06), sedangkan kecerahan tertinggi dijumpai pada perlakuan pembekuan cepat yang dikemas plastik PE pada ketebalan 0,06 mm dengan waktu pencelupan nitrogen cair selama 40 detik (66,78). Menurunnya kecerahan ini disebabkan oleh adanya reaksi oksidasi kimiawi termasuk terjadinya degradasi karotenoid dan reaksi pencoklatan enzimatis, sehingga mengakibatkan warna irisan buah mangga beku menjadi lebih gelap (Calligaris *et al.* 2002).

Nilai Hue ( $H^\circ$ ) menentukan warna irisan buah mangga beku. Nilai Hue berada pada kisaran 83,27–92,65°. Pada lama penyimpanan 0 bulan, kecerahan irisan buah mangga antara pembekuan cepat berbeda

nyata dengan pembekuan lambat. Nilai Hue dan kecerahan irisan buah mangga beku disajikan pada Tabel 2.

Pada lama penyimpanan 3 bulan, nilai Hue irisan buah mangga antara pembekuan cepat berbeda nyata dengan pembekuan lambat. Pada pembekuan lambat, nilai Hue pada irisan beku buah mangga nyata lebih tinggi dibandingkan dengan pembekuan cepat. Namun pada 6 bulan penyimpanan nilai Hue antara irisan buah mangga yang diberi perlakuan pembekuan lambat tidak berbeda nyata dibandingkan perlakuan pembekuan cepat. Rendahnya nilai Hue disebabkan karena adanya reaksi pencoklatan, sehingga warna irisan buah mangga beku menjadi lebih dekat ke warna oranye. Dilihat dari kamus warna *chromametre* Minolta CR-300/301, irisan buah mangga beku yang telah di *thawing* berwarna kuning. Hal ini juga dilaporkan oleh Patras *et al.* (2009) bahwa selama penyimpanan produk pangan mengalami perubahan warna dari oranye menjadi kuning seperti yang terjadi pada *puree* tomat dan *puree* wortel.

### Mutu Mikrobiologi

Preservasi bahan pangan dengan pembekuan merupakan cara yang efektif untuk menekan pembusukan akibat serangan mikroba (Talens *et al.* 2003). Proses pembekuan dan *thawing* dapat merusak struktur sel bakteri. Pada metode pembekuan, hasil

**Tabel 2. Interaksi jenis pembekuan dan waktu penyimpanan terhadap perubahan warna irisan buah mangga beku selama penyimpanan (*Interaction between freezing kinds and storage time of color change of frozen mango sliced during storage*)**

Jenis pembekuan ( <i>Freezing kinds</i> )	Waktu penyimpanan ( <i>Storage time</i> )					
	Hue ( <i>Hue</i> ), $H^\circ$			Kecerahan ( <i>Lightness</i> ), L		
	Bulan ke-0 (0 month)	Bulan ke-3 (3 month)	Bulan ke-6 (6 month)	Bulan ke-0 (0 month)	Bulan ke-3 (3 month)	Bulan ke-6 (6 month)
Pembekuan cepat ( <i>Quick freezing</i> )	85,09 a	90,15 a	92,65 a	63,03 b	56,62 a	55,61 a
Pembekuan lambat ( <i>Slow freezing</i> )	83,27 a	88,69 b	92,54 a	66,78 a	56,35 a	54,06 a
KK ( <i>CV</i> ), %	14,21	15,67	14,54	14,26	13,22	13,46

**Tabel 3. Jumlah total mikrob irisan buah mangga beku selama penyimpanan (*Microbial total of frozen mango sliced during storage*)**

Jenis pembekuan ( <i>Freezing kinds</i> )	Waktu penyimpanan ( <i>Storage time</i> )		
	Jumlah mikrob ( <i>Total plate count</i> ), koloni/ml		
	Bulan ke-0 (0 month)	Bulan ke-3 (3 month)	Bulan ke-6 (6 month)
Pembekuan cepat ( <i>Quick freezing</i> )	3,5 x 10 <sup>4</sup> B	2,5 x 10 <sup>2</sup> A	1,8 x 10 <sup>1</sup> B
Pembekuan lambat ( <i>Slow freezing</i> )	5,9 x 10 <sup>4</sup> A	8,2 x 10 <sup>4</sup> A	5,5 x 10 <sup>4</sup> A
KK ( <i>CV</i> ), %	13,37	13,72	14,09

**Tabel 4. Interaksi pembekuan dan waktu penyimpanan terhadap skor organoleptik irisan buah mangga selama penyimpanan (*Interaction between freezing and storage time of organoleptic score of frozen mango sliced during storage*)**

Jenis pembekuan ( <i>Freezing kinds</i> )	Waktu penyimpanan ( <i>Storage time</i> )											
	Rasa ( <i>Taste</i> )			Aroma ( <i>Flavour</i> )			Warna ( <i>Color</i> )			Penampilan ( <i>Appearance</i> )		
	Bulan ke - ( <i>Month</i> )	0	3	6	Bulan ke - ( <i>Month</i> )	0	3	6	Bulan ke - ( <i>Month</i> )	0	3	6
Pembekuan cepat ( <i>Quick freezing</i> )	3,30 b A	3,70 a A	3,70 a A	3,70 a A	3,30 a A	3,40 a A	3,40 a A	3,40 a A	3,20 a A	3,20 a A	3,30 a A	3,20 a A
Pembekuan lambat ( <i>Slow freezing</i> )	3,30 a A	3,50 a A	3,30 a B	3,30 a B	3,30 a A	3,00 b A	3,30 a A	3,20 a A	3,20 a A	3,20 a A	3,20 a A	3,20 a A
KK (CV), %	12,69	13,21	13,83	12,74	12,57	12,46	12,28	12,23	12,35	12,15	12,24	12,32

analisis mikrob irisan beku buah mangga menunjukkan bahwa jumlah mikrob antara pembekuan cepat berbeda nyata dengan pembekuan lambat. Namun secara keseluruhan terlihat bahwa pada Tabel 3, jumlah mikrob masih jauh di bawah standar produk sayuran beku, yaitu nilai *total plate count* (TPC) yang disyaratkan minimal 100.000 koloni/ml (Kumalaningsih & Hidayat 1995). Jumlah total mikrob irisan buah mangga beku selama penyimpanan disajikan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 diketahui bahwa pada pembekuan cepat, jumlah total mikrob irisan buah mangga beku selama penyimpanan menurun. Pembekuan cepat dengan pencelupan langsung ke dalam nitrogen cair lebih efektif menghambat perkembangan mikrob pada irisan buah mangga beku. Pembekuan menggunakan nitrogen cair dapat meningkatkan mortalitas mikrob yang lebih tinggi, dibandingkan dengan pembekuan lambat. Selama proses pembekuan terjadi peningkatan konsentrasi larutan akibat adanya pembentukan kristal es, sehingga cairan yang ada pada sel mikrob terdifusi (Lund 2000, Tregunno *et al.* 1996). Kerusakan sel mikrob ini disebabkan oleh formasi es ekstraseluler, formasi es intraseluler, dan konsentrasi larutan ekstraseluler, konsentrasi larutan intraseluler, serta suhu rendah.

#### Mutu Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan menggunakan tes hedonik atau tes kesukaan. Panelis ditetapkan berjumlah 10 orang, disesuaikan dengan kebutuhan pengujian untuk skala laboratorium. Panelis terdiri atas person yang semi terlatih. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi antarfaktor perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap rasa, aroma, warna, dan penampilan pada irisan buah mangga beku selama penyimpanan, disajikan pada Tabel 4. Dalam Tabel 4, irisan buah mangga beku selama periode penyimpanan menunjukkan bahwa rasa, warna maupun penampilan yang dibekukan cepat dan lambat tidak berubah pada semua perlakuan. Namun selama masa penyimpanan, rasa dan warna irisan buah mangga beku ada perubahan tetapi tidak memperlihatkan perubahan yang berarti. Produk buah dan sayuran yang dibekukan, dapat mengalami perubahan yang berkaitan dengan mekanisme biokimia atau fisikokimia yaitu perubahan pigmen alami dari jaringan buah dan sayur (seperti klorofil, antosianin, dan karotenoid), dan perubahan karena pencoklatan enzimatis serta pecahnya jaringan sel kloroplas dan kromoplas (Cano 1996). Proses pembekuan dapat memengaruhi warna produk. Perubahan warna disebabkan karena proses dekomposisi yang berjalan lebih cepat dan proses difusi ester. Sebagai contoh, pembekuan buah stroberi mengakibatkan perubahan warna dan terjadi *off color*

(Deng & Ueda 1993). Pada produk mangga beku perubahan warna kemungkinan disebabkan karena pencoklatan enzimatis. Penampilan keseluruhan dari produk irisan buah mangga beku masih cukup baik dan tidak memperlihatkan kerusakan yang berarti.

#### KESIMPULAN DAN SARAN

1. Irisan buah mangga Arumanis yang dibekukan dengan cara dicelupkan langsung ke dalam nitrogen cair 40 detik setelah 6 bulan penyimpanan kondisi daging buah irisan beku masih baik.
2. Karakteristik mutu kimia, yaitu kandungan padatan total terlarut 13,33°Brix, pH 4,23, kadar vitamin C 37,67 mg/100 g, dan total asam 0,38.
3. Karakteristik mutu fisik (nilai kecerahan 55,61, derajat Hue 92,65).
4. Mutu organoleptik masih diterima oleh panelis meskipun irisan mangga beku disimpan selama 6 bulan.
5. Penerapan hasil penelitian ini dapat menguntungkan pelaku usaha, karena waktu untuk penyimpanan, distribusi, dan pemasaran produk pangan dapat diperpanjang.

#### PUSTAKA

1. Aider, M & Halleux, D 2008, 'Production of concentrated cherry and apricot juice by cryo concentration technology', *Food Sci. and Technol.*, no. 41, pp. 1768-5.
2. Badan Pusat Statistik 2011, *Statistik Indonesia*, Direktorat Badan Pusat Statistik, Jakarta.
3. Broto, W, Sabari, SD, Widiatmoko, Dondy, ASB & Yulianingsih 2002, 'Pembekuan cepat buah mangga Gedong dan karakteristik mutunya selama penyimpanan beku', *J.Hort.*, vol. 12, no. 2, hlm. 51-6.
4. Calligaris, S, Falcone, P & Anese, M 2002, 'Color changes of tomato purees during storage at freezing temperatures', *J. Food Sci.*, vol. 67, no. 6, pp. 2432-5.
5. Cano, MP 1996, *Vegetables, freezing effect on food quality* (L.E. Jeremiah edition), New York, NY Marcell Dekker. Inc.
6. Chiralt, A, Martinez-Navarrete, N, Martinez-Monzo, J, Talens, P, Moraga, G, Ayala, A & Fito, P 2001, 'Changes in mechanical properties throughout osmotic processes cryoprotectant effect', *J. Food Engineering*, no. 49, pp. 129-35.
7. Choi, MH, Kim, GH & Lee, HS 2002, 'Effects of ascorbic acid retention on juice color and pigment stability in blood orange (*Citrus sinensis*) juice during refrigerated storage', *Food Res. Int.*, no. 35, pp. 753-9.
8. Deng, H & Ueda, Y 1993, 'Effect of freezing methods and storage temperature on flavour stability and ester contents of frozen strawberries', *J.Jpn. Soc.Hort.Sci.*, no. 62, pp. 633.
9. Desrosier, NW 1988, *Teknologi pengawetan pangan*, UI Press, Jakarta.

10. Khadatkar, RM, Kumar, S & Pattanayak, SC 2004, 'Cryofreezing and cryofreezer', *Cryogenics*, no. 44, pp. 661-78.
11. Kumalaningsih, S & Hidayat, N 1995, *Mikrobiologi hasil pertanian*, IKIP Malang, Malang.
12. Lee Seung, K & Adel A Kader 2000, 'Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops', *Postharvest Biol. and Technol.*, no. 20, pp. 207-20.
13. Lund 2000, *The microbiology safety and quality of food*, vol. 1, Aspen Publisher, Gaithersburg, MD.
14. Mulyawanti, I, Kun Tanti, D & Yulianingsih 2008, 'Pengaruh waktu pencelupan dalam nitrogen cair dan lama penyimpanan terhadap karakteristik irisan buah mangga Arumanis matang *J. Pascapanen Pertanian*, vol. 5, no. 1, hlm. 51-8.
15. Patras, A, Brunton, N, Pieva, SD, Butler, F & Downey, G 2009, 'Effect of thermal and high pressure processing on antioxidant activity and instrumental colour of tomato and carrot purees', *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 10, no. 1, pp. 16-22.
16. Sahari, MA, Mohsen Boostani, F & Zohreh Hamid, E 2003, 'Effect of low temperature on the ascorbic acid content and quality characteristic of frozen strawberry', *Food Chem.*, no. 86, pp. 357-63.
17. Setyadjit, Widaningrum & Sulusi, P 2005, 'Agroindustri puree mangga: mengatasi panen berlimpah', *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, vol. 27, no. 5, hlm. 4-5.
18. Talens, P, Escriche, I, Martines Navarrete, N & Chiralt, A 2003, 'Influence of osmotic dehydration and freezing on the volatile profile of kiwi fruit', *Food Res. Int.*, no. 36, pp. 635-42.
19. Tregunno, NB & Goff, HD 1996, 'Osmodehydrofreezing of apples: structural and textural effects', *Food Res. Int.*, no. 29, pp. 471-9.
20. Torregiani, D 1995, 'Technological aspects of osmotic dehydration in food. in Barbosa-Canovas, GV & Welti-Chanes (eds.), *preservation by moisture control: fundamentals and application*, J, Food, pp. 281-340.
21. Tosun, B, Nursal & Yucecan, S 2007, 'Influence of home freezing and storage on vitamin C contents of some vegetables', *Pak. J. Nutr.*, vol. 6, no. 5, pp. 472-7.
22. Urbany, GY & Horti, K 1992, 'Change of surface colour of the fruit and the anthocyanin content of sour cherries during frozen storage', *Acta Alimentaria*, no. 21, pp. 3-4.
23. Will, F, Roth, M, Oik, M, Ludwig, M & Dietrich, H 2008, 'Processing and analytical characterization of pulp-enriched cloudy apple juice', *J.Food Sci. and Technol.*, no. 41, pp. 2057-63.
24. Ziena, HMS 2000, 'Quality attributes of bearss seedless lime (*Citrus latifolia* Tan) juice during storage', *Food Chem.*, no. 71, pp. 167-72.